

## ASPECTOS DEL DESARROLLO DE UN MODELO NUMERICO DE PISO RADIANTE HIDRONICO

Luis Cardón\*, Diego Alberto\*\*, Alejandro Hernandez\*, Ana María Aramayo\*\*

\* Depto. De Física - INENCO, \*\* Depto. Matemática - Facultad de Ciencias Exactas, UNSA  
Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina ( cardon@unsa.edu.ar )

**RESUMEN.** La comunicación informa del desarrollado de un modelo numérico para el análisis del comportamiento térmico de pisos radiantes hidrónicos. El mismo resuelve la ecuación de calor en una región prismática de suelo por debajo de una casa. Los tubos calefactores se modelan como una parrilla de fuentes de calor. El efecto de la casa misma y del ambiente exterior se introduce como condiciones de borde. El modelo se basa en la discretización con volúmenes de control, implementada con MULTIMOD y permite manejar un gran número de variables: capas verticales y horizontales, materiales, disposición y número de tubos, potencia disipada en los tubos, entre otras. La instancia del modelo implementada considera tres capas en profundidad: piso contrapiso y subsuelo. En la segunda capa se embebe un arreglo de ocho tubos calefactores. El programa ha sido demostrado en un caso de prueba cuyos resultados se muestran en un mapa de isotermas.

Palabras claves: pisos radiantes, conductos enterrados, intercambiadores de calor enterrados

### INTRODUCCION

La modelización de pisos y pisos radiantes ha sido objeto de creciente interés en los últimos años. El trabajo de Sattaria y Farhanieh (2006) es uno de los más recientes. Estos autores presentan un análisis térmico bidimensional detallado en la proximidad de los tubos calefactores que incluye el espesor de los mismos.

Nuestro objetivo de mediano plazo es el desarrollo de herramientas de simulación computacional y diseño de pisos radiantes acoplados a sistemas solares. A diferencia del trabajo de Sattaria y Farhanieh (2006) mencionado, nuestra aproximación al modelado de los pisos es tridimensional. En cambio, comparativamente con menos detalle, considera a los tubos calefactores como fuentes de calor inpuestas sobre una hilera de volúmenes de control. La fuente de calor puede ser uniforme, como en el caso que se muestra aquí o no uniforme. Para este último caso se ha trabajado en el pasado con algoritmos apropiados para resolver el problema térmico del acoplamiento entre los conductos y el suelo mediante técnicas iterativas, en los que el balance de entalpía en los tubos se resuelve alternativamente con la conducción de calor en el suelo, (Cruz et al., 2004). En este último trabajo se puso énfasis en la metodología de solución del sistema matricial de ecuaciones resultante para lo cual se utilizaron técnicas de multigrillas. Se ha desarrollado también un programa general, MULTIMOD, para la solución de la ecuación de la energía en sólidos y fluidos adaptado especialmente a la resolución de este problema, Cardón et al. (2005). En una estapa futura se implementará en MULTIMOD los algoritmos de multigrilla.

En el presente trabajo se ha utilizado el programa MULTIMOD v 1.0 para implementar un modelo general de pisos radiantes hidrónicos. De este modelo general se presenta una instancia de piso radiante sencillo con el propósito de demostrar la capacidad del modelo y la funcionalidad del programa. Los resultados de la simulación con el modelo implementado se presentan como mapas de isotermas.

### EL MODELO CONCEPTUAL

El modelo conceptual de un piso radiante consiste en un serpentín de tubos calefactores embebidos en el piso por debajo del local a calefaccionar. Por simplicidad se ha remplazado en este trabajo el serpentín de tubos por un arreglo de tubos paralelos o parrilla. El modelo físico-matemático que describe el modelo conceptual consiste en la ecuación del calor, con condiciones de borde adecuadas y con fuentes de calor donde deben ubicarse los tubos calefactores. La figura 1 muestra varios esquemas que describen los elementos generales de una piso radiante típico. En ella se muestra que la parrilla de tubos calefactores puede estar ubicada en cualquiera de las zonas en que se divide el suelo. En el caso mostrado en la figura, esquema de la derecha, la parrilla se encuentra en la segunda zona en profundidad y, en planta, (dos primeros esquemas de la misma figura) en la zona central. Al contrario que el modelo conceptual, el modelo de detalle es complicado, tanto desde el punto de vista de su descripción como desde el punto de vista de su implementación computacional. La dificultad reside en que, aún en el caso más sencillo como

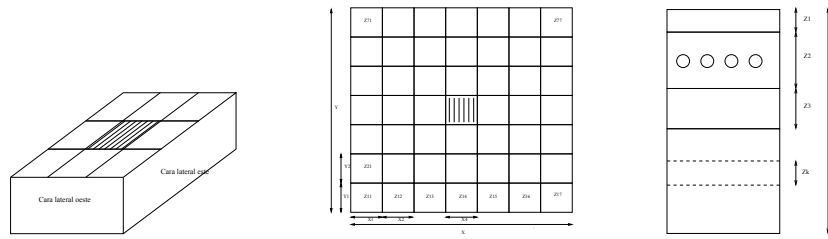


Figura 1: Esquemas que muestran los elementos generales de una configuración típica de piso radiante. Los esquemas describen, de izquierda a derecha, en volumen, plano de planta y corte transversal, respectivamente, la subdivisión en zonas del suelo y la ubicación, embebida en alguna de las zonas, de la parrilla de tubos calefactores.

el presentado en este trabajo, el piso de una vivienda y el suelo de sus alrededores está constituido por capas de distinto espesor y material que requieren distinto grado de discretización. Toda esta complejidad debe ser introducida fielmente en el programa de simulación.

### Modelización de los conductos calefactores:

Los tubos calefactores se modelaron como una fuente de calor de geometría lineal, implementada como una hilera de volúmenes de control (figura 2, esquema de la izquierda). Para hacer el arreglo o parrilla de tubos se utilizaron varias de las características de MULTIMOD. En particular, se utilizan agrupaciones impares de nodos como la mostrada en la figura 2, esquema central.

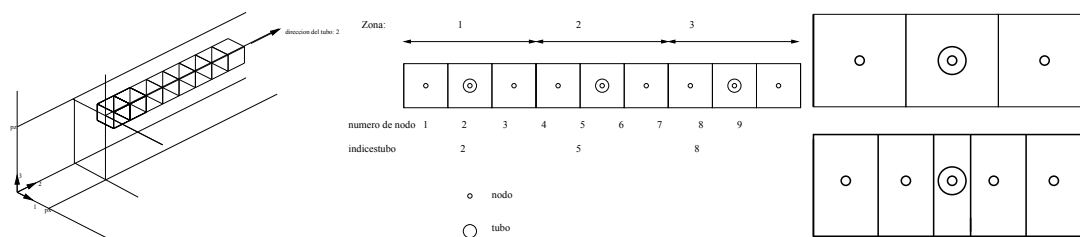


Figura 2: De izquierda a derecha se muestra: una hilera de elementos tubo, el corte transversal de la discretización de una parrilla de tres tubos y la discretización para la implementación de un solo tubo, (arriba) con una red uniforme y (abajo) con una red no uniforme.

Para este trabajo se mejoró el modelo de arreglo de tubos introduciendo redes no uniformes. Con ello se pudo simular tubos de pequeña sección transversal sin necesidad de una discretización demasiado fina en el resto del dominio de cálculo. El esquema de la derecha, arriba, de la figura 2, muestra la estructura de volúmenes de control uniformes implementada originalmente en MULTIMOD, mientras que el esquema de la derecha, abajo, de la misma figura, muestra la estructura del nuevo método implementado. En los esquemas mostrados el tubo se indica marcando el volumen de control correspondiente con un doble círculo.

## RESULTADOS

En la figura 3 se muestra la salida del programa de simulación luego del pos-procesamiento gráfico. La figura muestra la isotermas (isosuperficies) por debajo, alrededor y arriba de un arreglo de ocho tubos calefactores. La red de discretización tiene en total  $83 \times 52 \times 77$  nodos y el problema se resuelve en menos de 30 minutos. En cambio, con el modelo anterior, la red debe ser tan fina que, con la memoria de la máquina disponible, 512MB, no se puede resolver el problema en un tiempo razonable (menos de un día).

## CONCLUSION

Se comunicó el desarrollo un modelo numérico basado en MULTIMOD que permite simular variantes de pisos radiantes hidrónicos. El presente modelo numérico tiene ventajas con respecto a una versión

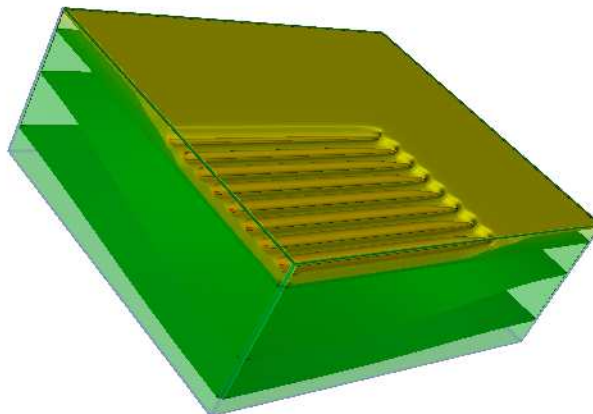


Figura 3: *Isotermas correspondientes al caso de una parrilla de ocho tubos.*

anterior, permitiendo resolver problemas relativamente grandes en un tiempo razonable. Se presenta un mapa de isotermas correspondiente a la resolución de un modelo de piso radiante sencillo que demuestra la funcionalidad del programa.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado bajo el Proyecto 1115/2 en colaboración con el Trabajo 1383, ambos del CIUNSA.

## REFERENCIAS

- Cardón, L., A. Aramayo, C. Barboza, B. Copa, y D. Alberto (2005). MULTIMOD v1.0: un programa para el modelado y simulación de problemas de transferencia y acumulación de calor. *ERMA Vol.17*, pp. 51–59.
- Cruz, M., M. Canterle, y L. Cardón (2004). Simulación de intercambiadores de calor de tipo conducto enterrado. *Mecánica Computacional Vol.23*, pp. 2097–2110.
- Sattaria, S. y B. Farhanieh (2006). A parametric study on radiant floor heating system performance. *Renewable Energy* (10), pp. 1617–1626.

## ABSTRACT

This communication reports the development of a numerical model for the analysis of the thermal behaviour of hydronic radiant floor. It solves the conduction equation on a prismatic region of the ground under a house. The heating tubes are modeled as an array of heating sources. The effect of the house itself and the exterior environment are introduced as boundary conditions. The instance of the model presently implemented considers three layers: the floor, subfloor, and subsoil. The heating tubes array is embedded in the second layer. The model is based on a control volume discretization, implemented with MULTIMOD. It allows the handling of variables such as horizontal and vertical layers, materials, disposition and number of tubes, and heating power dissipated by the tubes. The model and its program has been demonstrated in a test case. The results are shown as isotherms maps.

Keywords: radiant floor, buried tubes, embedded heat exchangers